



71 Anmelder:  
WWU Wissenschaftliche Werkstatt für  
Umweltmeßtechnik GmbH, 20459 Hamburg, DE

61 Zusatz zu: 197 43 953.5

72 Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

56 Entgegenhaltungen:

DE 196 05 053 A1  
US 47 09 150

Technisches Messen tm, 54, 1987, S. 459-463;  
Gute Fahrt, Ausgabe 3/1995, S. 82-83;  
Technisches Messen tm 54, 1987, S. 439-441;  
Meyers Enzyklopädisches Lexikon, Band 16,  
Bibliographisches Institut, Mannheim, 1976,  
S. 807;  
tm-Technisches Messen, 64, 1997, S. 147-151;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

54 Verfahren und Vorrichtung für die Überwachung der Innenluftqualität in Kraftfahrzeugen

57 Die Messung der Kohlendioxidkonzentration im Innenraum von Kraftfahrzeugen kann mit Hilfe eines CO<sub>2</sub>-Meßgerätes vorgenommen werden. Das Prinzip der Messung ist die infrarote Gasabsorption.

Die Küvetten werden zusammen mit dem Strahler, dem Detektor und den zur Meßwertverstärkung benötigten elektronischen Schaltungen in möglichst kompakten Gehäusen untergebracht, um den Einbau in die Lüftungsanlage zu ermöglichen, s. Fig. 3.

Die zu messende Luft gelangt durch Diffusion in die Küvetten. Der Anschluß an die Steuerung der Lüftungs- oder Klimaanlage zwecks Einschaltung eines Adsorptionsfilters und Umwälzung der Innenluft für die Zurückhaltung der CO<sub>2</sub>-Moleküle bei erhöhten Konzentrationen ist möglich. Weitere Anwendungen ergeben sich aus der Messung verschiedener Gassorten.

## 1 Problemendarstellung

Im Innenraum von Kraftfahrzeugen besteht häufig die Gefahr eines erhöhten Kohlendioxidgehaltes in der Luft. Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) erzeugt schon bei niedrigen Konzentrationen Erschöpfungsgefühl und wirkt sich hemmend auf die geistigen Fähigkeiten des Menschen aus. Die zulässige maximale Arbeitsplatzkonzentration von Kohlendioxid beträgt in der Bundesrepublik Deutschland 5000 ppm.

Kohlendioxid wird sowohl bei der Atmung der Menschen im Fahrzeug ausgestoßen als auch durch die Lüftung von außerhalb des Fahrzeuges eingebracht. Besonders bei der Fahrt in einem Stau oder einem Tunnel kann die Kohlendioxidkonzentration im Innenraum beachtlich ansteigen.

Nachfolgend wird ein System zur Überwachung und evtl. Regelung der Konzentration von Kohlendioxid in der Innenluft von Kraftfahrzeugen beschrieben.

## 2 Stand der Technik

Für die Detektion von Gasen in der Luft gibt es verschiedene Gaswarngeräte, die entweder stationär installiert sind, z. B. an einer Wand, oder mobil, d. h. in tragbarer Form, zur Verfügung stehen. Ein besonders selektives Meßverfahren ist die infrarote Gasanalysetechnik, die geeignet ist, heteroatomige Gase verschiedener Konzentration zu messen. Im Gegensatz zu chemischen Methoden kennt die infrarote Gasanalysetechnik keinen Erschöpfungszustand der Meßzelle, so daß theoretisch eine unbegrenzte Lebensdauer möglich wird.

Bei der infraroten Gasanalysetechnik wird ein Breitbandstrahler als Sender und ein pyroelektrischer Detektor oder eine Thermosäule als Empfänger benutzt. Beide werden durch eine optische Küvette verbunden. Das zu messende Gas wird in diese Küvette entweder durch Zwangsströmung eingebracht oder gelangt durch Diffusion in die Küvette.

In der Küvette erfolgt die Bestimmung der Konzentration der gewünschten Gaskomponente.

## 3 Lösungsvorschlag

Es existieren mehrere Quellen, die die infrarote Gasanalyse für verschiedene Applikationen nutzen /1 und 2/. Ebenso gibt es verschiedene Meßgeräte für die Erfassung der Kohlenwasserstoffkonzentration im Kfz-Innenraum /3/. Nicht bekannt ist bis heute die Möglichkeit der Installation einer  $\text{CO}_2$ -Meßvorrichtung, mit deren Hilfe die Konzentration von Kohlendioxid in der Atemluft im Kfz-Innenraum während der Fahrt automatisch erfaßt werden kann.

Im Innenraum (1) und eventuell im äußeren Lüftungsschacht (2) des Kraftfahrzeuges wird eine gasdurchlässige Küvette mit den zur Steuerung des infraroten Strahlenganges und zur Erfassung der Meßsignale notwendigen Verstärkerplatinen untergebracht, s. Fig. 1. Während der Fahrt mißt dieses Gerät (bzw. Geräte) die durch Diffusion in die Küvette gelangten  $\text{CO}_2$ -Moleküle. Eine Auswerteeinheit (3) wertet die verstärkten Meßsignale aus und gibt sie auf eine Visualisierungsvorrichtung.

Eine Visualisierungsvorrichtung (4) kann im einfachsten Falle aus drei Leuchtdioden, möglichst unterschiedlicher Farbe, bestehen:

- eine grüne Leuchtdiode für niedrige Konzentrationen (600 ppm)
- eine gelbe Leuchtdiode für den mittleren Konzentrationsbereich (600...1500 ppm)

- eine rote Leuchtdiode für stark erhöhte Konzentrationen (1500 ppm)

Eine Kopplung mit LCD-Anzeigefeldern oder mit sonstigen Ziffer- und Zeigerinstrumenten ist ebenfalls möglich.

Besonders vorteilhaft ist die Kopplungsmöglichkeit des  $\text{CO}_2$ -Meßgerätes mit der Klima- oder Lüftungsanlage des Kraftfahrzeuges. Ist die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Außenluft zu hoch, so kann die Lüftungsklappe (5) im Lüftungsschacht (2) so umgeschaltet werden, daß dabei ein  $\text{CO}_2$ -Adsorptionsfilter (6), gefüllt z. B. mit körnigem Natronkalk, in den Luftstrom geschaltet wird. Dadurch wird die Innenluft in einem abgeschlossenen Kreislauf geführt (Umluftströmung). Das in der Luft vorhandene Kohlendioxid wird im Filter (6) zurückgehalten, so daß in den Kfz-Innenraum (1) nur  $\text{CO}_2$ -arme Luft eingeleitet wird. Das ist besonders vorteilhaft, wenn die Außenluft stark belastet ist, z. B. in Tunneln, in großen Ballungszentren mit besonders viel Verkehr oder wenn ein stark emittierender Wagen direkt vorneweg fährt. Die Kalibrierklappe (7) dient zum Abschalten des Luftstromes im Moment der Justierung des Gerätes mit Kalibriergas.

4 Nähere Beschreibung des  $\text{CO}_2$ -Meßgerätes

Das  $\text{CO}_2$ -Meßgerät ist modular aufgebaut. Die eine Küvette wird so positioniert, daß eine optimale Erfassung der Innenluftqualität erreicht wird (Innenluftsensor (8)). Am besten wird der Sensor (8) direkt vor oder hinter dem Lüftungsgitter (9) am Armaturenbrett (10) befestigt.

Der Außenluftsensor (11) befindet sich im Lüftungsschacht (2). Durch die Verwendung zweier Sensoren (8 und 11) wird erreicht, daß auch bei geschlossener Lüftungsklappe (5) die Außenluft überwacht wird. Würde nur die Innenluft überwacht werden, könnte dem Fahrer bei geschlossener Lüftungsklappe (5) nicht mitgeteilt werden, ob die Belastung der Außenluft einen bestimmten Wert unterschritten hat und die Lüftungsklappe (5) wieder geöffnet werden kann.

Während der Umluftphase wird die Luft im Kfz-Innenraum durch den Innenluftsensor (8) und die Außenluft durch den Außenluftsensor (11) gemessen und die Meßwerte in der Auswerteeinheit (3) miteinander verglichen. Liegen die  $\text{CO}_2$ -Werte in der Außenluft wieder im normalen Bereich, oder ist die  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Innenraum (1) höher als in der Außenluft, wird der Umluftbetrieb aufgehoben.

Zur Kalibrierung der Sensoren (8 und 11) wird die Kalibriergasflasche (12) verwendet. Ist das Gas in der Kalibriergasflasche (12) verbraucht, leuchtet die Leuchtdiode "Kalibriergaswechsel" (13) an der Visualisierungseinheit (4) auf, s. Fig. 2. Um die optimalen Zeitpunkte für die Schaltung auf Umluft und die Kalibrierung zu definieren, sollte der Fahrer dem Gerät einen Hinweis auf die Fahrsituation geben. Dazu dient der Schalter "Verkehr" (14) und "Fahrstrecke" (15). Mit dem Schalter "Verkehr" (14) wird die Höhe des  $\text{CO}_2$ -Wertes zur Umschaltung auf Umluft und mit dem Schalter "Fahrstrecke" (15) die Kalibrierzeitpunkte je nach Fahrdauer eingestellt.

Der Innenluftsensor (8) dient auch der Überprüfung des Adsorptionsfilters (6). Steigt die  $\text{CO}_2$ -Konzentration während der Umluftphase im Innenraum (1) weiter an, kann man davon ausgehen, daß der Filter (6) erschöpft ist und ausgetauscht werden muß. Dies wird an der Anzeigeeinheit mit der Leuchtdiode "Filterwechsel" (16) angezeigt. Die Leuchtdiode "Umluft" (17) leuchtet beim Schalten der Klappe (5) auf Umluftkreislauf.

Die Sensoren (8 und 11) sind porös ausgeführt, damit das Gas durch Diffusion in die Küvette gelangen kann. Die Fig.

3 und 4 zeigen den Einbau des Innenluftsensors am Lüftungsgitter und des Außenluftsensors im Lüftungsschacht (2).

In Fig. 5 wird der innere Aufbau der Sensoren (8 und 11) dargestellt. An den Enden des Küvettenrohres (18) befinden sich gegenüberliegend der Strahler (19) und der Detektor (20). Die für die Signalaufbereitung notwendige Verstärkerschaltung (21) ist direkt am Küvettenrohr (18) angeflanscht. Die Übertragung der Signale zur Auswerteeinheit (3) erfolgt über ein Verbindungskabel (22). Für eine Kalibrierung mit Prüfgas sind am Innenluftsensor (8) und am Außenluftsensor (11) Kalibriergasanschlüsse (23) vorgesehen. Die für das Meßverfahren notwendige Modulation der vom Strahler (19) erzeugten Infrarotstrahlung erfolgt durch elektronisches Takten des Strahlers.

### 5 CO<sub>2</sub>-Adsorptionsfilter

Für die Adsorption von Kohlendioxid aus der Luft empfiehlt sich die Verwendung eines Natronkalkfilters. Natronkalk ist eine Mischung aus Ca(OH)<sub>2</sub> und NaOH in Plätzchenform. Man sollte für den vorgesehenen Anwendungsfall Plätzchen mit einem Korndurchmesser von 2-5 mm und einem Schüttgewicht von 75 g/100 ml verwenden.

Besonders vorteilhaft ist die Benutzung von Natronkalk mit Indikator. Zwar muß der Filter nicht ständig beobachtet werden, soll aber visuell Auskunft über den Erschöpfungszustand liefern. Die Feststellung des Erschöpfungszustandes kann am einfachsten durch eine Meldung der Elektronik erfaßt werden. So kann z. B. eine zusätzliche Lampe am Armaturenbrett ein entsprechendes Signal geben oder eine Warnung am Display erscheinen. Leuchtet die Lampe "Filterwechsel" (16), muß der Natronkalkfilter ausgetauscht werden. Da die CO<sub>2</sub>-Aufnahmefähigkeit von Natronkalk bei 28% der eigenen Masse liegt, genügt ein Wechsel des Filters im normalen Fahrbetrieb im Abstand mehrerer Monate.

### 6 Handhabung des Meßgerätes

Das Gerät wird während des Herstellungsprozesses mit einer Kennlinie versehen, die den Zusammenhang zwischen der CO<sub>2</sub>-Konzentration und dem elektrischen Ausgangssignal festhält. Diese Kennlinie wird in dem CO<sub>2</sub>-Meßgerät gespeichert. Die Abhängigkeit des Meßsignals von der Umgebungstemperatur wird durch die Messung der Temperatur im Wageninneren als Bezugstemperatur berücksichtigt, wobei durch entsprechende Kalibrierfunktionen eine rechnerische Korrektur vorgenommen wird.

Die Kalibrierung eines Miniatur-Meßgeräts für Low-Cost-Anwendungen muß mit der sogenannten Einpunktkalibrierung vorgenommen werden. Es sind zwei alternative Kalibrierungsarten denkbar:

- Kalibrierung mit Umgebungsluft
- Kalibrierung mit Prüfgas

Bei der Kalibrierung mit Umgebungsluft wird die Außenluft selbst als Kalibriergas verwendet. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, daß die natürliche CO<sub>2</sub>-Konzentration bei 340 ppm liegt. Die Kalibrierung kann vom Bediener des Kraftfahrzeuges durchgeführt werden, wenn die Außenluft mit Gewißheit nicht mit zusätzlichen CO<sub>2</sub>-Mengen aus der Umgebung belastet ist. Dies ist z. B. bei einer Überlandfahrt mit hinreichender Genauigkeit gegeben. Unter solchen Bedingungen kann man davon ausgehen, daß der augenblickliche Meßwert 340 ppm beträgt, und der gegenwärtige Istwert wird mit dem Sollwert von 340 ppm gleichgesetzt.

Genügt die Kalibrierung mit Umgebungsluft nicht, z. B.

weil das Fahrzeug nur in der Innenstadt bewegt wird und somit keine unbelastete Frischluft zur Verfügung steht, kann auch eine Kalibrierung mit Prüfgas vorgenommen werden. Die Kalibrierung mit Kalibriergas hat folgende Vorteile:

- die Kalibrierung kann unabhängig von den äußeren Verhältnissen durchgeführt werden
- die Genauigkeit ist höher, da Kalibriergase geringe Toleranzen haben

Wie bereits beschrieben, sind an den Sensoren (8 und 11) Anschlüsse (23) vorgesehen, mit denen Kalibriergas in die Küvette (18) geleitet werden kann. Die Kalibriergasklappe (7) wird während des Kalibriervorganges geschlossen.

Am günstigsten ist die Anwendung von beiden Kalibrierarten wahlweise. Die Umstellung erfolgt durch den Schalter "Verkehr" (14). Bei einer Umgebungsluft (Schalter "Verkehr" steht auf "wenig") kann man die Außenluft, bei "normalem" oder "viel" Verkehr Kalibriergas benutzen. Durch die Verwendung von Außenluft bei wenig Verkehr wird auch der Inhalt der Kalibriergasflasche (12) geschont und das Gas hält länger.

### 7 Sonstige Anwendungen

Neben Kohlendioxid ist auch die Messung anderer Gase interessant, die von einem Kraftfahrzeug emittiert werden, wie z. B. Kohlenmonoxid (CO) und unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC). Diese Gase könnten mit dem hier beschriebenen infraroten Meßverfahren ebenfalls erfaßt werden.

### Bezugszeichenliste

Fig. 1: Prinzipieller Einbau des Kohlendioxidmeßgerätes im Kraftfahrzeug

- 1 Kfz-Innenraum
- 2 Lüftungsschacht
- 3 Auswerteeinheit
- 4 Visualisierungseinheit
- 5 Lüftungsklappe
- 6 CO<sub>2</sub>-Adsorptionsfilter
- 7 Kalibriergasklappe
- 8 Innenluftsensor
- 9 Lüftungsgitter
- 10 Armaturenbrett
- 11 Außenluftsensor
- 12 Kalibriergasflasche

Fig. 2: Visualisierungs- und Bedieneinheit am Armaturenbrett

- 13 Leuchtdiode "Kalibriergaswechsel"
- 14 Schalter "Verkehr"
- 15 Schalter "Fahrstrecke"
- 16 Leuchtdiode "Filterwechsel"
- 17 Leuchtdiode "Umluft"

Fig. 3: Befestigung des Innenluftsensors am Lüftungsgitter

Fig. 4: Einbau des Außenluftsensors im Lüftungsschacht

Fig. 5: Aufbau des Innen- und des Außenluftsensors

- 18 Küvettenrohr
- 19 Strahler
- 20 Detektor

- 21 Verstärkerschaltung  
 22 Verbindungskabel zur Auswerteeinheit  
 23 Kalibriergasanschluß

## Literatur

5

- /1/ Gebrauchsmuster G 93 15 508.5: Infrarot-Absorption-  
 Gasanalysator mit getrennter optischer Küvette  
 /2/ Patentanmeldung 197 43 953.5: Gasmeßkarte als Ein-  
 schub für den Personalcomputer 10  
 /3/ Zeitschrift Gute Fahrt, Ausgabe 3/1995, Artikel "Klappe  
 zu"

## Patentansprüche

15

1. Miniatur-Gasmeßgerät, geeignet für die Erfassung  
 der Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Konzentration auf der Grund-  
 lage der infraroten Gasabsorption, **dadurch gekenn-  
 zeichnet**, daß es die Luftqualität des Kraftfahrzeugin-  
 nenraumes überwacht und bei Überschreitung des für  
 die Fahrt gewünschten Konzentrationsbereiches eine  
 Warnung abgibt. 20
2. Miniatur-Gasmeßgerät nach Hauptanspruchspunkt  
 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Verwendung  
 einer zweiten Küvette die Messung der Außenluftqua-  
 lität auch bei geschlossener Lüftung möglich ist. 25
3. Miniatur-Gasmeßgerät nach Hauptanspruchspunkt  
 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Küvette  
 aus einem porösen Material, vorzugsweise Sintermate-  
 rial, besteht, das einerseits die Gasmoleküle bei der  
 freien Diffusion kaum behindert, andererseits aber die für  
 die Führung des infraroten Strahlenganges notwendi-  
 gen optischen Reflexionseigenschaften aufweist. 30
4. Miniatur-Gasmeßgerät nach Hauptanspruchspunkt  
 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierung nur an  
 einem Punkt der Kennlinie mit dem natürlichen CO<sub>2</sub>-  
 Gehalt der Atmosphäre oder mit einem entsprechenden  
 Kalibriergas erfolgt. 35
5. Miniatur-Gasmeßgerät, dadurch gekennzeichnet,  
 daß es die Führungsgröße eines geschlossenen Regel-  
 kreises für die Minderung der CO<sub>2</sub>-Konzentration im  
 Kraftfahrzeuginneren liefern kann, wobei ein Adsorpti-  
 onsfILTER, gefüllt mit Natronkalk, in den Luftstrom der  
 Lüftungs- und Klimaanlage des Kraftfahrzeuges einge-  
 schaltet und die Innenluft mit Umwälzung gefahren  
 wird. 40 45

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65

Fig.1

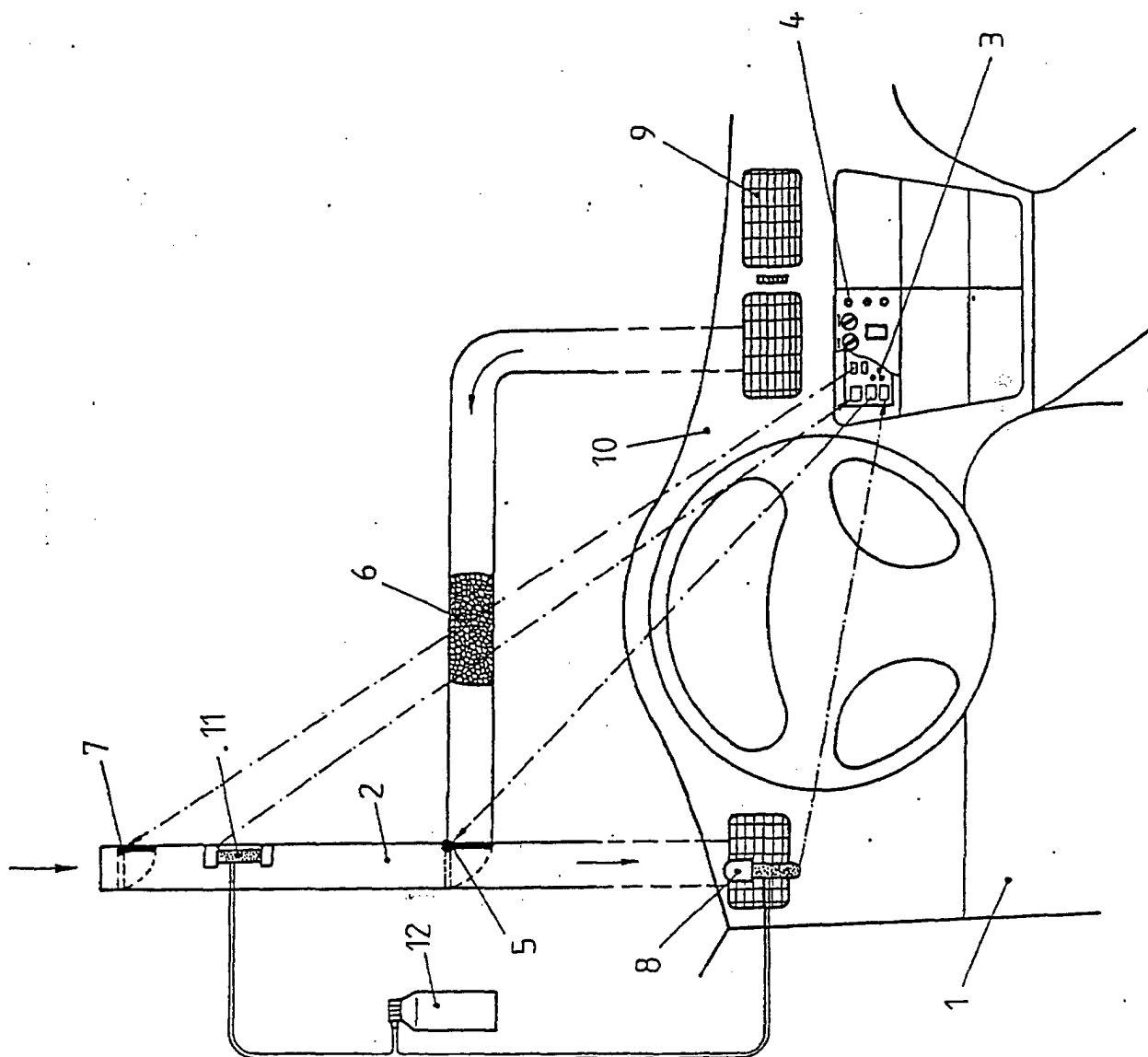
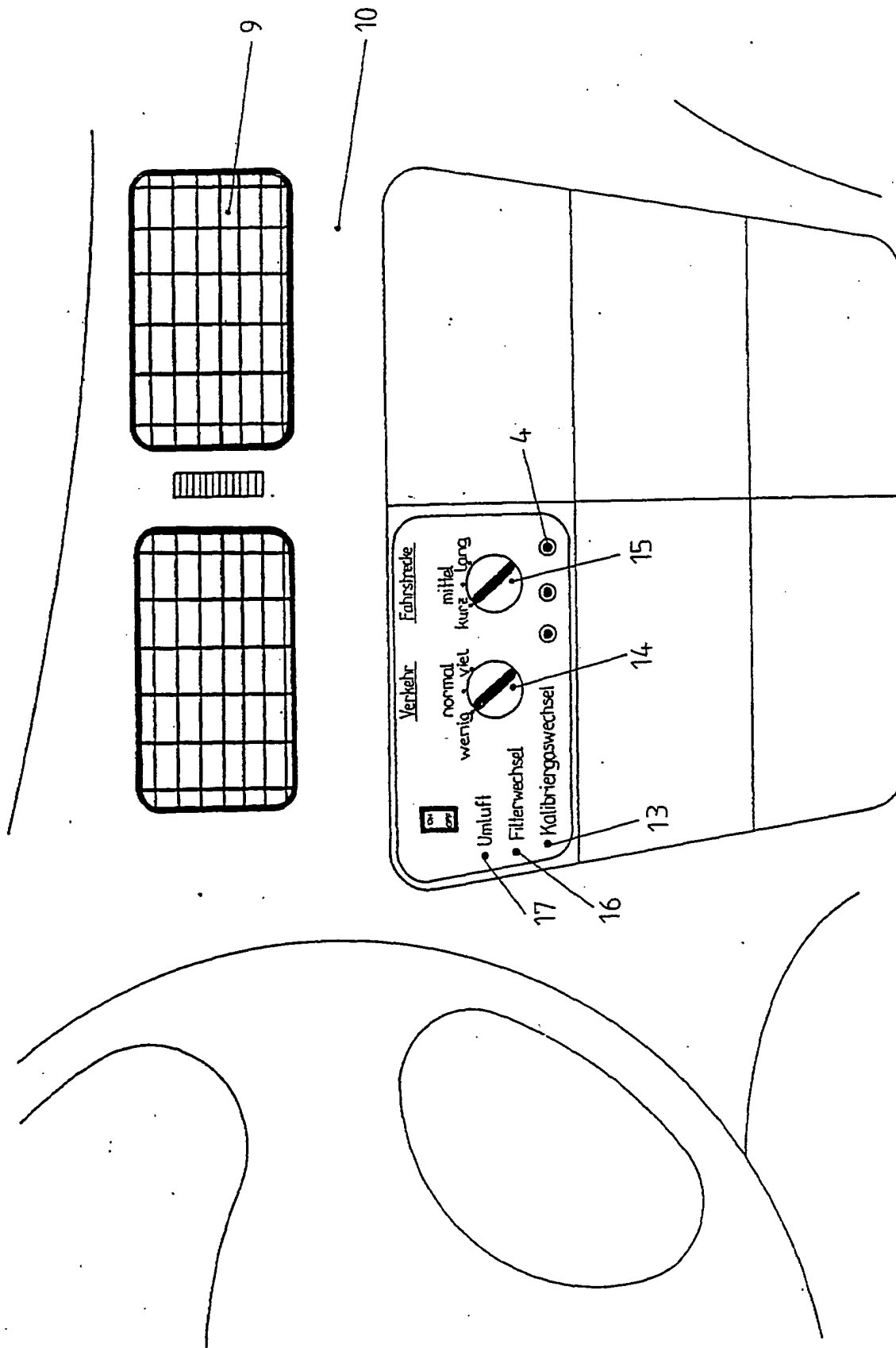


Fig. 2



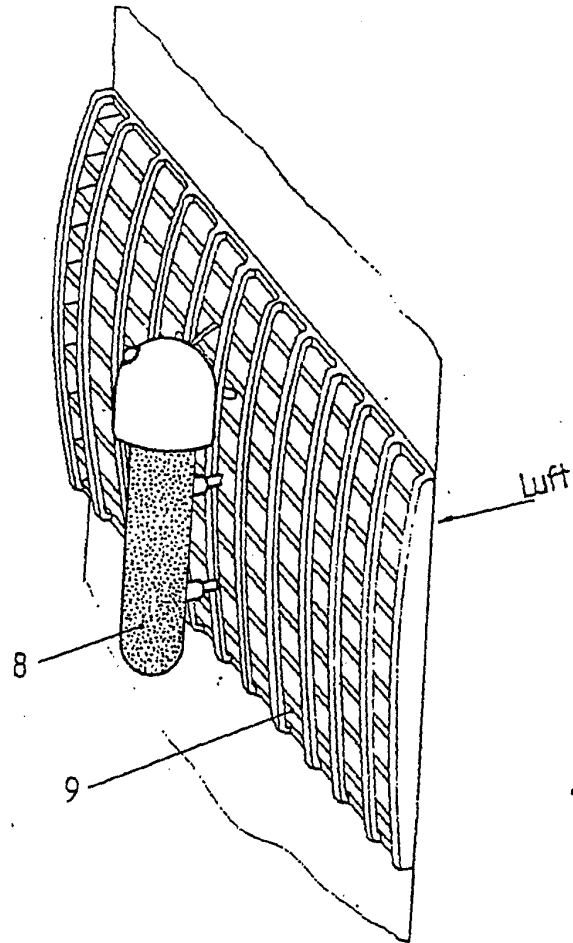


Fig. 3

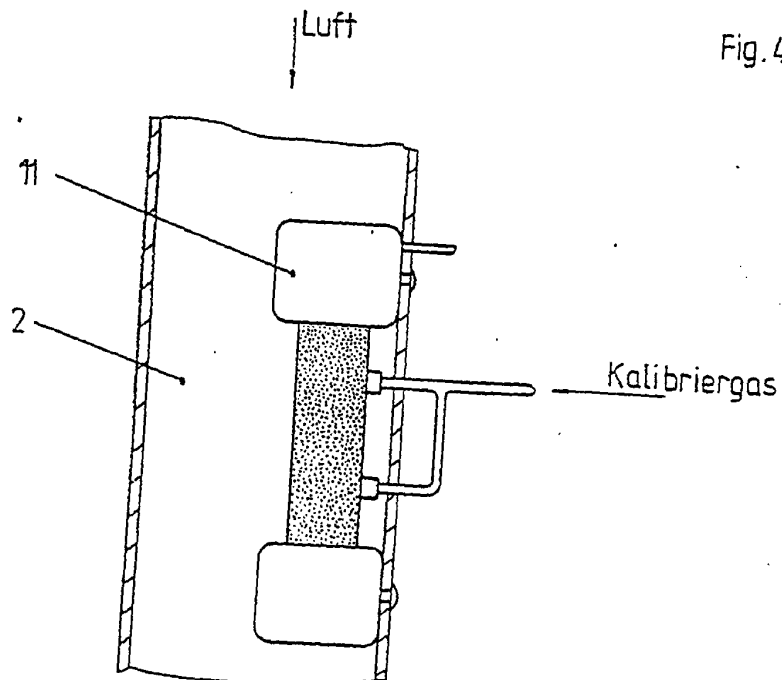


Fig. 4

Fig. 5

